

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 63043321
PUBLICATION DATE : 24-02-88

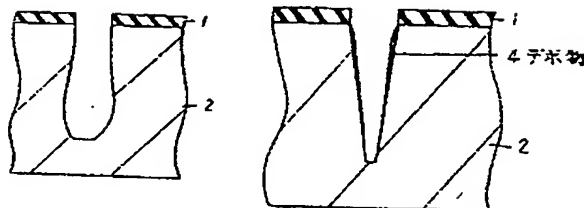
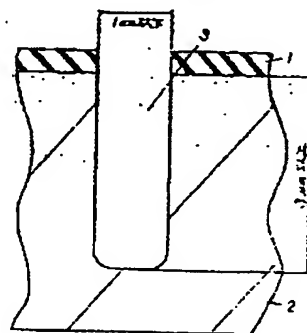
APPLICATION DATE : 08-08-86
APPLICATION NUMBER : 61187124

APPLICANT : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD;

INVENTOR : KUBOTA MASABUMI;

INT.CL. : H01L 21/302

TITLE : DRY ETCHING METHOD



ABSTRACT : PURPOSE: To easily control the shape of a groove having a width not greater than $1\mu\text{m}$ by making the energy of the etchant higher as the groove becomes deeper when forming the groove in a semiconductor by means of the plasma etching.

CONSTITUTION: An SiO_2 mask is applied on a silicon substrate, and the RIE is performed to form a groove 3. As a typical gas, a mixed gas of $\text{SiCl}_4 + \text{Cl}_2 + \text{SF}_6$ is used. At this time, after etching is performed for a certain time under a fixed condition, etching is repeated with the energy of the etchant being made higher as the groove becoming deeper. Alternatively, the composition ratio, flow rate, pressure, power or the like of the gas may be varied, or the degree of vacuum may be enhanced, or the etchant energy may be increased by increasing the RF power. Also, other condition may be varied with the composition ratio and flow rate of the gas being kept constant. With this constitution, the proportion of a chemical etching is made larger when the depth of the groove is shallow thereby to suppressing the re-deposition of the etching product, and the proportion of a physical etching is increased as the groove becomes deeper, whereby side-wall deposit 4 and the ion energy itself can be optimized depending of the depth, and fine grooves of various shapes can easily be formed.

COPYRIGHT: (C)1988,JPO&Japio

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-43321

⑮ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和63年(1988)2月24日

H 01 L 21/302

A-8223-5F

J-8223-5F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑭ 発明の名称 ドライエッチング方法

⑯ 特 願 昭61-187124

⑰ 出 願 昭61(1986)8月8日

⑱ 発 明 者 玉 置 徳 彦 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
⑲ 発 明 者 久 保 田 正 文 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
⑳ 出 願 人 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
㉑ 代 理 人 弁理士 中尾 敏男 外1名

明 細 書

1、発明の名称

ドライエッチング方法

2、特許請求の範囲

- (1) 半導体基板に、耐エッチングマスクをマスクとしてプラズマエッチングを行ない溝形成を行なう際に、エッチャントのエネルギーが溝の深さが深くなる程高くなるようにエッチング条件を変化させるようにしたドライエッチング方法。
- (2) 一定条件で、ある時間エッチングを行ない、次にまたエッチャントのエネルギーがより高くなる別の一定条件で、ある時間エッチングを行なうという工程を繰り返すことにより、エッチャントのエネルギーを溝の深さが深くなる程高くするようにした特許請求の範囲第1項記載のドライエッチング方法。
- (3) リアクティブイオンエッチングを用い、陰極降下電圧を高めるようにした特許請求の範囲第1項記載のドライエッチング方法。
- (4) ガス構成比・ガス流量・圧力・パワーなどを

徐々にエッチャントのエネルギーが高くなる方向へ変化させることにより、エッチャントのエネルギーを溝の深さが深くなる程高くするようにした特許請求の範囲第1項記載のドライエッチング方法。

(5) エッチング条件としての、真空度を上げていくか、あるいはRFパワーを大きくしていくことによって、エッチャントのエネルギーを高くするようにした特許請求の範囲第1項記載のドライエッチング方法。

(6) ガス構成比・ガス流量は一定にするようにした特許請求の範囲第5項記載のドライエッチング方法。

3、発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明の高密度・高精度に1 μ m以下の線幅の非常に垂直性の良い溝を半導体基板に形成するドライエッチング方法に関するものである。

従来技術

半導体集積回路は近年特に高密度化に進んでお

特開昭63-43321(2)

り、素子間分離やキャパシタに半導体基板表面に形成された深い(3 μm 以上)溝を利用するという試みがなされている。これら素子間トレンチ分離やトレンチキャパシタはトレンチエッチング工程後に埋め込み工程が必要となる為、溝形状が逆テーパ状になったりすると埋め込み工程でトレンチ内に空洞ができ長期信頼性等に問題がでてくる。

またテーパを順方向にかけすぎると1 μm 以下の線幅の溝では溝深さに大きな制限がでてくる。以上のような点から溝形状は側面の垂直性が非常に重要であり、それが制御できるかどうかのポイントとなっている。

現在、トレンチエッチングの主流はR.I.E(リアクティブイオンエッチング)であるが、RIEで形成するトレンチが、溝幅1 μm 以下、溝深さ3 μm 以上程度のもとなると、エッチャント(イオン)の入射角度・イオンの溝内での散乱・エッチング生成物の蒸発・溝内に発生する電界の影響などが、溝がまだ浅い時点でのエッチングと

1 μm の溝幅のトレンチで0.1~0.2 μm のデポ物が堆積)すると、同時に違う溝幅のトレンチを形成しようとする場合全く異なるトレンチ形状になってしまう。また、これらのデポ物をトレンチ形成後除去する為には O_2 プラズマやフッ酸水溶液を用いたウェットエッチ工程が必要となるが、例えばフッ酸水溶液を用いたウェットエッチ工程を追加すると SiO_2 の目減りや形状の変化が発生し、イオン注入工程などに問題が生じプロセスに制限がでてくる場合が多い。

このデポ物を利用しなければいけないという背景には、前述したように溝が浅い時点と溝が深くなってゆく時点での最適エッチング条件が異なるにもかかわらず、同条件でエッチングを行なおうとすることがある。

問題点を解決する為の手段

本発明はデポ物の堆積を最小限に抑えながら良好なトレンチ形状を得るために、溝が深まるにつれRIE等では真空度を良くするあるいはパワーを上げるなどにより、イオンのエネルギーを高く

溝が深くなったときとて変化し、溝上部から底部まで垂直にエッチングを行なうのが非常に難しくなる。

このような理由から、良好な(垂直な)トレンチ形状を出す為に側面へのデポ物を利用する試みが数多くなされている。これらは、M.Sato and Y.Arita "Energy Distribution and Directionality of Ion in Reactive Ion Etch" 1984ドライプロセスシンポジウム(Dry Process Symposium)V-4p109~114、M.Sato et.al "Etched Shape Control of Single Crystalline Silicon in Reactive Ion Etching Containing Chlorine" 1985ドライプロセスシンポジウム(Dry Process Symposium)IV-4p102~107に示されている。

発明が解決しようとする問題点

前述した側面へのデポ物は良好な形状を得る為にはある程度は許さなければならないが、デポ物の厚みが溝幅と同じオーダーになったり(例えば

溝の深さに応じたその時点での最適エッチング条件でエッチングを行なおうとするものである。

作用

一般にRIE等でイオンのエネルギーを高くする方向にエッチング条件を変化させてゆくと、イオンの半導体基板に対する垂直方向の速度成分は水平方向に対して大きくなってゆく傾向をとる。またエッチングを化学的エッチングと物理的エッチングに単純に分類すると、イオンのエネルギーが大きくなる程、物理的エッチングの要素が大きくなりエッチングは異方性を持つ方向に変化してゆく。しかし、物理的エッチングはイオンの物理的な衝撃によりエッチングを促進させるのであるから、耐エッチングマスクと半導体基板とのエッチング選択性は悪くなり、結果としてマスク(SiO_2 、レジスト等)からのエッチング生成物の量が多くなり溝内への再付着の割合が増すことになる。

後述するように溝深さが深くなってもイオンのエネルギーを小さいままにするとイオンの方向性

が溝の影響(イオンの側面での反射・溝内にかかる電界等)を受けやすくなり、また溝が深くなるにつれ溝内でのイオンの散乱などによりイオンのエネルギーが消費され、溝がふくらんだり、ゆがんだりという現象が起きてしまう。また、最初からイオンのエネルギーを大きくしてしまうと溝のゆがみなどはなくなるが、耐エッチングマスクから溝へのデポ物が多くなり、デポ物の除去が困難となったり溝形状がV字形になつたりという問題点が出てくる。

本発明では溝の浅い時点ではイオンのエネルギーを小さくして化学的エッチングの割合を大きくしエッチング生成物の再付着を抑制し、溝深さが深くなるにつれイオンのエネルギーを大きくして物理的エッチングの割合を増加させ、側壁デポ物やイオンエネルギー自体を溝深さに合わせて最適化し、良好な形状を得るものである。

実施例

第1図は本発明の一実施例によるトレンチエッチングの一実施例の形状(断面図)であり、第2

図は第1図のエッチングを行なう際に使用したそれぞれのエッチング条件で、エッチング条件を変化させずにエッチングしたときの溝形状を示したものである。

ここでは半導体基板として比抵抗 $5 \sim 10 \Omega \cdot \text{cm}$ のP型シリコン基板1を、耐エッチングマスクとして $1 \mu\text{m}$ 厚のシリコン酸化膜2を用い、反応性イオンエッチ(RIE)でエッチングを行ないSi溝3を形成した。エッチング条件としてはSi溝を形成する代表的なガス条件の一つとして知られている SiCl_4 、 Cl_2 、 SF_6 の混合ガスを使用した。

RIEでのイオンの平均エネルギーは V_{DC} が大きくなる程大きくなるという関係があり、通常ガス条件(ガス種・構成比・流量)を固定した場合、真空度を良くするあるいはRFパワーを大きくすることにより V_{DC} は大きくなり、したがってイオンエネルギーも大きくなる傾向にある。第2図(a)、(b)、(c)のエッチングを行なった条件はそれぞれ(a) $\text{SiCl}_4: 20 \text{ sccm}$ 、 $\text{Cl}_2: 10 \text{ sccm}$ 、 $\text{SF}_6: 12 \text{ sccm}$ 、6pa、650W、(b) $\text{SiCl}_4: 20 \text{ sccm}$ 、 $\text{Cl}_2: 10 \text{ sccm}$ 、 $\text{SF}_6: 12 \text{ sccm}$ 、6pa、650W、(c) $\text{SiCl}_4: 20 \text{ sccm}$ 、 $\text{Cl}_2: 10 \text{ sccm}$ 、 $\text{SF}_6: 12 \text{ sccm}$ 、6pa、600Wである。ガス条件は(a)、(b)、(c)同じに設定してあるが(b)条件は(a)条件より真空度が良くイオンのエネルギーが大きい条件となっており、(c)条件は(b)条件よりRFパワーが大きくイオンのエネルギーが大きい条件である。ちなみにイオンエネルギーの測定は行っていないが、 V_{DC} については(a)、(b)、(c)条件においてそれぞれ50、60、80Vが得られている。 V_{DC} が比較的低いのはこれがマグネトロンを用いたRIE装置でのデータであるため、通常は(a)、(b)、(c)条件でそれぞれ V_{DC} は250、300、350V程度である。第2図に示すようにイオンのエネルギーが大きくなるにつれて側壁デポ物4(第2図cに示す)は増え、溝が狭くなってゆくとわかる。またイオンのエネルギーがこの3条件の中では中間なものにあたる(b)において、溝の上部と溝の下部での溝側壁の傾きが異なり、溝の上部と下部でのエッチングの状況が異

なっていることがわかる。

これらの現象はイオンエネルギーそのものまたはイオンエネルギーに対応するデポ物の変化により起こる訳であるが、本発明では第1図に示すように、まずイオンのエネルギーが小さな(a)条件で一定時間(30sec)エッチングし、その後引き続き(b)条件でまた一定時間(120sec)エッチングし、さらに引き続きイオンのエネルギーが大きな(c)条件で150secエッチングを行ない溝深さに対応するエッチング条件の最適化により良好な形状を得た。ガス条件を変えることによってイオンエネルギーを変化させることももちろんできるが、量産を考えた場合、ガス種を変えるということは、装置へのガス配管の複雑化・ガス雰囲気の変化によるエッチングの低信頼性・ガス条件を切り換えることによるスループットの低下などの問題点があり、同一ガス条件にすることが望ましい。

またここではRIEに本発明を適用した一実施例について述べたが、ECR(エレクトロン・サイクロトロン・レゾナンス)を利用したプラズマ

特開昭 63-43321 (4)

エッチングにおいても同様なことが言える。

発明の効果

以上説明した発明により、溝幅が $1\mu\text{m}$ 以下の溝形成においてその形状を容易にコントロールすることが可能になった。今後半導体集積回路がますます高密度化してゆく中で素子間分離やトレンチキャパシタなどさまざまな用途に用いられる溝形成技術として極めて工業的価値の高いものである。

4、図面の簡単な説明

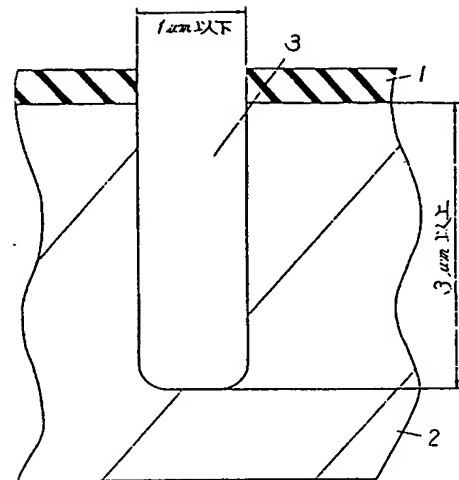
第 1 図は本発明の一実施例方法により形成された溝の断面図、第 2 図は溝形成技術におけるエッチング条件を変えた場合に形成された溝の断面図である。

1……シリコン酸化膜、2……シリコン基板、3……溝。

代理人の氏名 弁理士 中 尾 敏 男 ほか 1 名

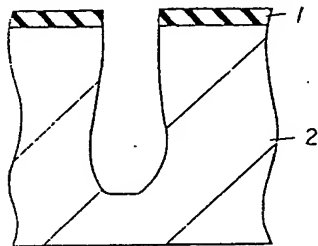
1……シリコン酸化膜
2……シリコン基板
3……溝

第 1 図

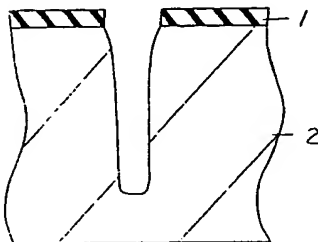


第 2 図

(a)



(b)



第 2 図

(c)

